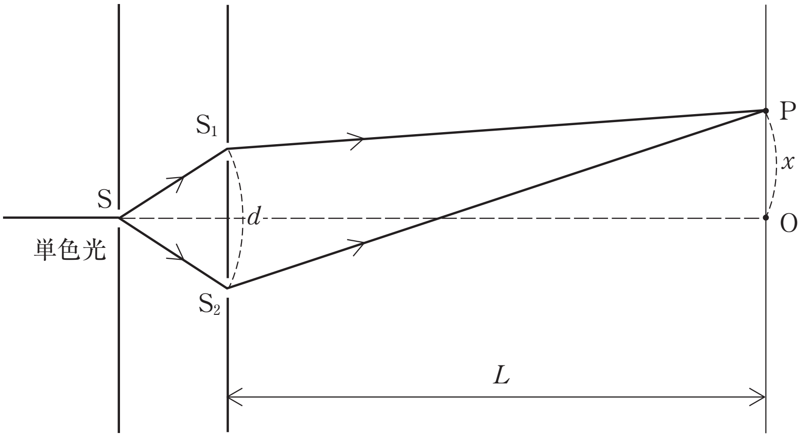
第23講　光の干渉1

1

図のように，光源を出て単スリットSを通った単色光が，さらに複スリットS_1，S_2を通ってスクリーンに達し，そこで明暗の縞模様をつくった。2つのスリット板とスクリーンは互いに平行である。Sからスクリーンに下ろした垂線がスクリーンと交わる点をOとする。この垂線はS_1とS_2の中間点を通る。光の波長をλ [m]，複スリットの間隔をd [m]，複スリットからスクリーンまでの距離をL [m]とする。点Oからの距離がx [m]の点Pにつくられる干渉縞について以下の問題に答えよ。ただし，dとxはLに比べて十分小さいとし，$|\alpha|$が1に比べて十分小さい場合に成立する近似式$\sqrt{1+\alpha} \fallingdotseq 1+\frac{\alpha}{2}$を使ってよい。



図

問1

(1)　Pに明線がつくられる条件をL，d，λ，xおよび整数mを用いて表せ。

(2)　隣り合う明線の間隔を求めよ。

問2

(3)　スリットS_1の直後に屈折率n，厚さa [m]の透明な薄膜を置くと干渉縞の位置がずれる。薄膜を置く前と同じmの明線はどの方向にどれだけずれるか。

(4)　(3)の問題で，干渉縞の明線と暗線の位置が薄膜を置く前と一致した。この条件を満たすaの最小値を求めよ。

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

< Note >

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

2

回折格子を用いて単色光による干渉実験を行った。回折格子から4.8m離れたところに，回折格子に平行にスクリーンを置き，光は格子面に垂直に入射させた。以下の問に答えなさい。ただし，θが1より十分に小さいとき，$\tan\theta \fallingdotseq \sin\theta \fallingdotseq \theta$の近似を用いてよい。また，必要なら$\pi=3.14$を用いなさい。解答はそれぞれにつき解答群より1つ選びなさい。

(1)　格子定数をd，用いる単色光の波長をλ，回折光と入射方向とのなす角をθとする。このとき，強めあう干渉の起こる条件はどれか。ただし，mは整数とする。

①　$\lambda\cos\theta = md$　②　$\lambda\sin\theta = md$　③　$d\cos\theta = m\lambda$　④　$d\sin\theta = m\lambda$
⑤　$d = m\lambda\cos\theta$　⑥　$d = m\lambda\sin\theta$　⑦　$m\cos\theta = d\lambda$　⑧　$m\sin\theta = d\lambda$

(2)　波長6.5×10^{-7}mの単色光を回折格子に当てたところ，スクリーン上に15.6cm間隔で明線が現れた。この回折格子の格子定数は何[mm]か求めなさい。(単位に注意)

①　2.4×10^{-2}　②　2.4×10^{-3}　③　2.4×10^{-4}　④　2.4×10^{-5}
⑤　5.0×10^{-2}　⑥　5.0×10^{-3}　⑦　5.0×10^{-4}　⑧　5.0×10^{-5}
⑨　2.0×10^{-2}　⑩　2.0×10^{-5}

(3)　この回折格子には1cmあたり何本の溝が刻まれているか。

①　42　②　100　③　200　④　420
⑤　500　⑥　1000　⑦　2000　⑧　4200
⑨　5000　⑩　10000

(4)　この回折格子に波長4.0×10^{-7}mの単色光を当てると，スクリーン上に何[cm]間隔で明線が現れるか。

①　8.4　②　9.6　③　10.8　④　12.0
⑤　13.2　⑥　14.4　⑦　15.6　⑧　16.8
⑨　18.0　⑩　19.2

(5)　またこのとき，$\theta=0$に対する明線を0次($m=0$)とすれば，3次($m=3$)の明線のできる方向と入射光とのなす角は何度[°]か。(単位に注意)

①　6.0×10^{-2}　②　1.2×10^{-1}　③　0.6　④　1.2
⑤　1.7　⑥　3.4　⑦　4.6　⑧　5.7
⑨　10.8

(6)　さらに，この回折格子とスクリーンの間の実験空間を屈折率1.5の透明な液体で満たし，(4)と同じ単色光を当てると，明線の間隔は何[cm]になるか。

①　3.2　②　4.8　③　6.4　④　8.0
⑤　9.6　⑥　11.2　⑦　12.8　⑧　14.4
⑨　16.0

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

＜ Note ＞

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

3

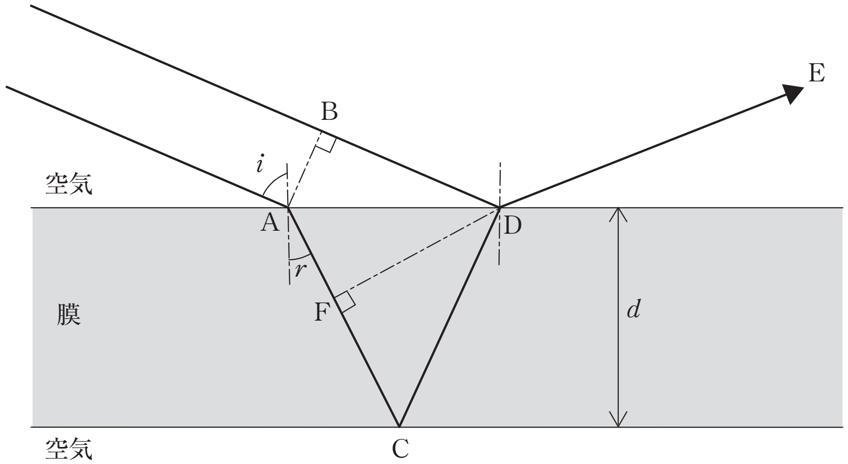
図のように，空気中で薄膜に光を当て，その表面上の点Dで反射した光と，膜の裏面の点Cで反射して出てきた光の干渉を考える。空気の屈折率を1，膜の厚さをd，屈折率をn（$n>1$）とし，入射光の空気中での波長をλとする。また，点Aでの入射角をi，屈折角をrとする。点Aから光の経路の線に下ろした垂線の足をB，点Dから光の経路の線に下ろした垂線の足をFとし，点Aと点Bでは光の位相がそろっているものとする。なお光が反射する際，点Cでは位相のずれはなく，点Dでは位相がπずれる。以下の［　　］にあてはまる数，数式を求めよ。

(1) まず，屈折の法則から，iとrの間には［あ］の関係がある。経路の差について考えると，BDの光路長は［い］×ADで，AFの光路長は［う］×ADと書ける。また，F→C→Dの光路長は［え］である。

(2) 以上を考慮すると，A→C→D→Eを通る光とB→D→Eを通る光が点Eにおいて強めあう条件は正の整数mを用いて［お］となる。

(3) 波長5.2×10^{-7} [m] の単色光を屈折率$n=1.3$の薄膜に垂直に入射させた。反射光が最も暗くなる膜の厚さの最小値を求めると［か］[m] となる。

(4) (3)とは異なる，屈折率$n=1.3$，厚さ$d=4.0\times10^{-7}$ [m] の薄膜を用意し，それに垂直に白色光を当てる。このとき，反射光が強めあう光の波長は，可視光の範囲に限ると［き］種ある。ただし，可視光の波長の範囲は4.0×10^{-7} [m] から7.0×10^{-7} [m] とする。



©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

＜ Note ＞

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第 23 講　確認テスト

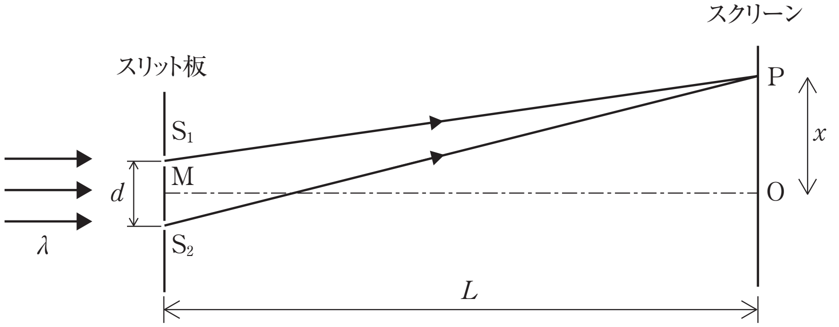
次の文章を読み，下の問１～４に答えなさい。

図のように，間隔 d のスリット S_1，S_2 を持つスリット板に垂直に波長 λ のレーザー光を入射させ，スリット板から距離 L の位置にスリット板と平行に置かれたスクリーンに生じた明暗のしま模様（干渉じま）を観察した。

スクリーン上の点Ｏは，S_1，S_2 の中点Ｍを通り，スリット板に垂直な直線とスクリーンとの交点である。Ｏ点から距離 x の位置にあるスクリーン上の点をＰとする。間隔 d および距離 x は距離 L に比べて十分小さいものとする。なお，必要なら，１に比べて十分小さい数 a あるいは角度 θ に対して成り立つ近似式，

$$\sqrt{1+a} \fallingdotseq 1+\frac{1}{2}a \quad \text{あるいは} \quad \sin\theta \fallingdotseq \tan\theta \fallingdotseq \theta$$

を用いなさい。



問１　スリット S_1，S_2 からスクリーン上のＰ点に達して干渉する光の光路差の絶対値はいくらか。正しいものを，次の①～⑥から一つ選びなさい。［ 1 ］

① $\dfrac{xd}{2L}$　② $\dfrac{xd}{L}$　③ $\dfrac{2xd}{L}$　④ $\dfrac{xL}{2d}$

⑤ $\dfrac{xL}{d}$　⑥ $\dfrac{2xL}{d}$

問２　問１で求めた光路差の絶対値を $\varDelta$ とすると，Ｐ点に明線が生じる条件式はどのように表されるか。正しいものを，次の①～⑥から一つ選びなさい。ただし，$m=0$，1，2，…とする。$\varDelta=$［ 1 ］

① $m\times\dfrac{\lambda}{4}$　② $m\times\dfrac{\lambda}{2}$　③ $m\times\lambda$　④ $\left(m+\dfrac{1}{2}\right)\times\dfrac{\lambda}{4}$

⑤ $\left(m+\dfrac{1}{2}\right)\times\dfrac{\lambda}{2}$　⑥ $\left(m+\dfrac{1}{2}\right)\times\lambda$

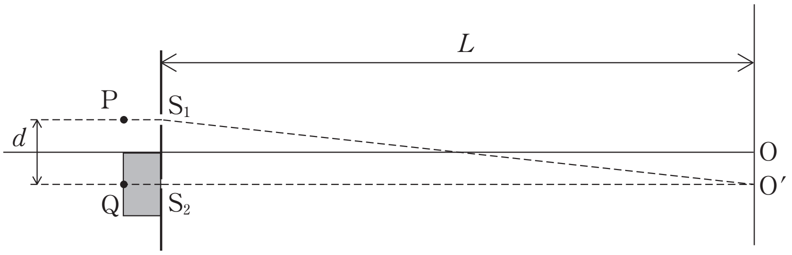
©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

問３　他の条件を変えずに，スリットS_1，S_2の間隔dだけを２倍にしたとする。このとき，スクリーン上にできる明線の間隔は変える前の何倍となるか。正しいものを，次の①～⑧から一つ選びなさい。［３］倍

① $\frac{1}{8}$　② $\frac{1}{4}$　③ $\frac{1}{2}$　④ $\frac{3}{4}$

⑤ 1　⑥ $\frac{3}{2}$　⑦ 2　⑧ 4

問４　スリットの手前に何も置かないとき，Lだけ離れたスクリーン上Ｏ点の明線を０次とする。図のように片方のスリットの手前に屈折率n（>1）のある厚さの透明な物質を置いたとき０次の明線がO′点にずれた。図中の３点Q，S_2，O′が直線上に並ぶためには透明な物質の厚さをいくらにすればよいか。次の①～⑥から一つ選びなさい。ただし，透明物質の厚さはスクリーンまでの距離に比べてじゅうぶんに小さいものとする。
［４］



① $\frac{d^2}{2nL}$　② $\frac{d^2}{nL}$　③ $\frac{2d^2}{nL}$　④ $\frac{d^2}{2(n-1)L}$

⑤ $\frac{d^2}{(n-1)L}$　⑥ $\frac{2d^2}{(n-1)L}$

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第23講　解答

1

（1）$\dfrac{dx}{L}=m\lambda$　（2）$\dfrac{\lambda L}{d}$　（3）図の上方に $\dfrac{La(n-1)}{d}$　（4）$\dfrac{\lambda}{n-1}$

2

（1）④　（2）⑨　（3）⑤　（4）②　（5）⑥　（6）③

3

（1）あ：$\sin i=n\sin r$，い：$\sin i$，う：$n\sin r$，え：$2nd\cos r$

（2）お：$2nd\cos r=m\lambda-\dfrac{\lambda}{2}$

（3）か：2.0×10^{-7}　（4）き：2

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第 23 講　確認テスト

【解答】

１　②　　２　③　　３　③　　４　④

【解説】

問１

$$\begin{cases} S_1P=\sqrt{L^2+\left(x-\dfrac{d}{2}\right)^2}=L\sqrt{1+\left(\dfrac{x-\frac{d}{2}}{L}\right)^2}\fallingdotseq L\left\{1+\dfrac{1}{2}\left(\dfrac{x-\frac{d}{2}}{L}\right)^2\right\} \\ S_2P=\sqrt{L^2+\left(x+\dfrac{d}{2}\right)^2}=L\sqrt{1+\left(\dfrac{x+\frac{d}{2}}{L}\right)^2}\fallingdotseq L\left\{1+\dfrac{1}{2}\left(\dfrac{x+\frac{d}{2}}{L}\right)^2\right\} \end{cases}$$

となるので，経路差は

$$|S_1P-S_2P|=\boldsymbol{\frac{dx}{L}}_1$$

問２

$$\Delta=\boldsymbol{m\lambda}_2$$

問３

条件を変える前の，明線条件は

$$\frac{dx}{L}=m\lambda$$

よって，明線の位置は

$$x=\frac{\lambda L}{d}m$$

となり，間隔は

$$\Delta x=\frac{\lambda L}{d}$$

となる。よって $d\to 2d$ とすると，Δx は $\boldsymbol{\frac{1}{2}}$ 倍＿３となる。

問４

透明な物質を入れたことによる光路差は，物質の厚みを a とすると $a(n-1)$ となるので，明線条件は

$$\frac{dx}{L}+a(n-1)=m\lambda$$

よって，明線の位置は

$$x=\frac{\lambda L}{d}m-\frac{L}{d}a(n-1)$$

となり，各明線は $\frac{L}{d}a(n-1)$ だけ図の下方へずれる。よって，

$$\frac{d}{2}=\frac{L}{d}a(n-1)\qquad\therefore\ a=\boldsymbol{\frac{d^2}{2(n-1)L}}_4$$

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。